

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-324725

(43)Date of publication of application : 26.11.1999

(51)Int.CI. F02C 9/00

(21)Application number : 10-136959

(71)Applicant : TOSHIBA CORP  
TOSHIBA ENG CO LTD

(22)Date of filing : 19.05.1998

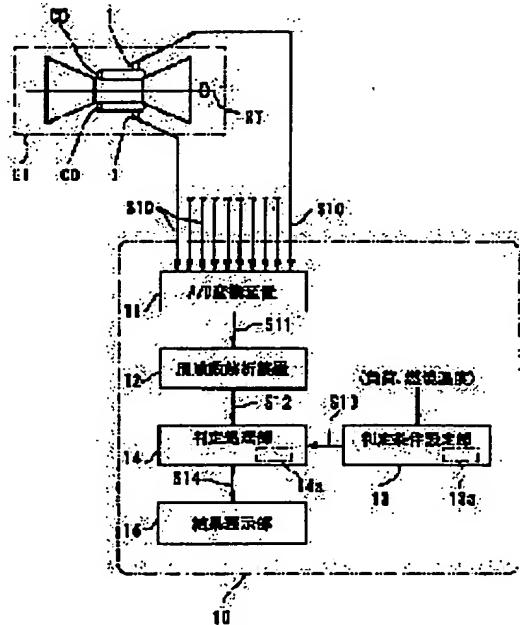
(72)Inventor : MIYABE KEISUKE  
YOSHIDA KATSUHIKO

## (54) GAS TURBINE ABNORMALITY MONITORING DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To execute monitoring taking a serious view of wholesomeness by correctly grasping the abnormal state of the combustion vibration phenomenon of a gas turbine from a comparatively initial symptomatic stage.

**SOLUTION:** This gas turbine abnormality monitoring device 10 is equipped with an A/D converter 11 receiving a detection signal S10 from a pressure fluctuation sensor 1 set on the combustor CD of a gas turbine GT and converting it into a digital data S11, a frequency analyzer 12 analyzing the digital data S11 by decomposing it a frequency component, a judgment condition setting part 13 variably setting a reference data S13 concerning the frequency component being a target to be monitored based on a parameter regulated by the output of a gas turbine generator and the fuel supply amount thereof, a judgment processing part 14 extracting the frequency component caused by a combustion vibration phenomenon from the analyzed data S12 of the frequency component based on the reference data S13 and judging the combustion vibration condition of the gas turbine GT by comparing the amplitude value of the frequency component with an amplitude value when the data concerning the frequency component being the target to be monitored is normal, and a result display part 15 displaying a data S14 concerning this judged result.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-324725

(43)公開日 平成11年(1999)11月26日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

F 0 2 C 9/00

識別記号

F I

F 0 2 C 9/00

B

審査請求 未請求 請求項の数 5 OL (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平10-136959

(22)出願日 平成10年(1998)5月19日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(71)出願人 000221018

東芝エンジニアリング株式会社

神奈川県川崎市幸区堀川町66番2

(72)発明者 宮部 圭介

神奈川県横浜市鶴見区末広町二丁目4番地  
株式会社東芝京浜事業所内

(72)発明者 吉田 勝彦

神奈川県川崎市幸区堀川町66番2 東芝エンジニアリング株式会社内

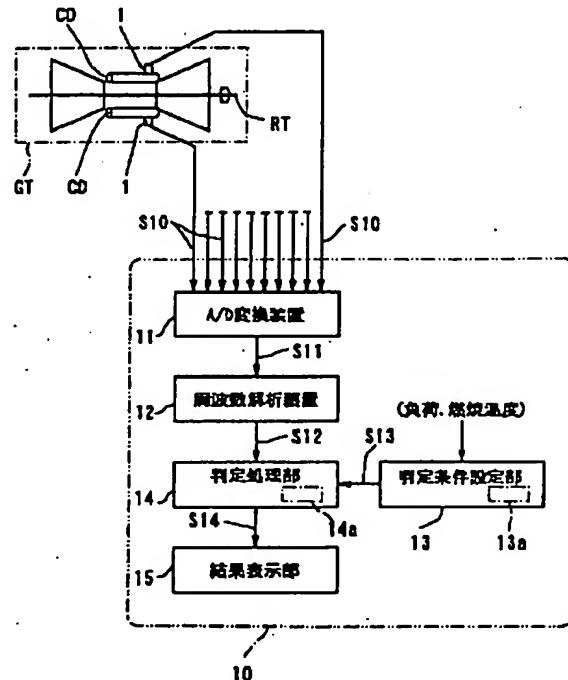
(74)代理人 弁理士 波多野 久 (外1名)

(54)【発明の名称】 ガスタービン異常監視装置

(57)【要約】

【課題】ガスタービンの燃焼振動現象の異常事態を比較的初期の徵候段階から正確に把握し、より健全性を重視した監視を実施する。

【解決手段】ガスタービン異常監視装置10は、ガスタービンTGの燃焼器CDに設置された圧力変動センサ1からの検出信号S10をデジタルデータS11に変換して受けるA/D変換装置11と、そのデジタルデータS11をその周波数成分に分解して解析する周波数解析装置12と、ガスタービン発電機出力及びその燃料供給量で規定されるパラメータに基づいて監視対象の周波数成分に関する基準データS13を可変設定する判定条件設定部13と、その基準データS13に基づいて周波数成分の解析データS12から燃焼振動現象に起因する周波数成分を抽出し、その周波数成分の振幅値と監視対象の周波数成分に関するデータの正常時の振幅値との比較によりガスタービンの燃焼振動状態を判定する判定処理部14と、この判定結果に関するデータS14を表示する結果表示部15とを備える。



1 圧力センサ  
10 異常監視装置

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ガスタービンの燃焼振動現象を監視するデータとして、そのガスタービンに設置されたセンサからの検出信号を受ける信号入力手段と、この信号入力手段により入力された検出信号をその周波数成分に分解して解析する周波数解析手段と、前記ガスタービンの発電機出力及びその燃料供給量で規定されるパラメータに基づいて前記検出信号における監視対象の周波数成分に関するデータを可変設定するデータ設定手段と、このデータ設定手段による周波数成分に関するデータに基づいて前記検出信号の周波数成分から前記燃焼振動現象に起因する周波数成分を抽出し且つその周波数成分の振幅値と前記監視対象の周波数成分に関するデータの正常時の振幅値との比較により前記ガスタービンの燃焼振動状態を判定する判定処理手段と、この判定処理手段による判定結果に関するデータを出力する出力手段とを備えたことを特徴とするガスタービン異常監視装置。

【請求項2】 請求項1記載の発明において、前記信号入力手段は、前記ガスタービンの燃焼器に設置された圧力変動センサからの検出信号を受ける手段であることを特徴とするガスタービン監視装置。

【請求項3】 請求項1記載の発明において、前記信号入力手段は、前記ガスタービンのロータ軸受部近傍に配置されたロータ振動センサからの検出信号を受ける手段であることを特徴とするガスタービン監視装置。

【請求項4】 請求項1記載の発明において、前記信号入力手段は、前記ガスタービンの燃焼器の外筒部に設置された固体伝搬音検出用の音響センサからの検出信号を受ける手段であることを特徴とするガスタービン異常監視装置。

【請求項5】 請求項1乃至4のいずれか1項に記載の発明において、前記データ設定手段は、前記監視対象の周波数成分に関するデータの振動周波数をヘルムホルツの振動式に基づいて算出する手段を備えたことを特徴とするガスタービン異常監視装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、発電プラントで使用されるガスタービン異常監視装置にかかり、とくにガスタービンの燃焼異常現象やそのロータの振動異常現象を比較的早期に発見可能な信号処理およびデータ解析の工夫に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年のエネルギー資源の枯渇化やその利用による環境問題を背景にして、とくに発電プラントではエネルギーの有効利用が要請され、いわゆるコンバインドサイクルプラントが増えてきている。この種のプラントでも一般的の発電プラントと同様に電力を安定に供給する必要があり、より一層の安定運用と信頼性の高い運転の実現が重要なテーマとなっている。

【0003】 しかしながら、コンバインドサイクルプラントでは、その事業化に際しては構成機器の中で最も重要なガスタービンがこれよりも長年使用されてきた蒸気タービンに比べて実績が少なく、特にガス温度等の各種プロセス値や振動の監視が十分ではない。

【0004】 そこで、事業用ガスタービンについては、その構成機器の中で最も高温で過酷な条件で運用されている燃焼器の排ガス温度の異常やロータ振動の異常現象を検出して監視する方法が提案されている（例えば、特開平6-193866号及び特開平9-88629号参照）。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 前述した従来例のガスタービン監視方法では、排ガス温度の異常現象やロータ振動の増大等の事態をその発生後に検出する構成であったため、これを検出後に直ちに装置を停止させなければならず、このことは複雑かつ過酷な条件下で運用されるガスタービンにとって好ましいものではない。この点で前述の安定運用の要請に反するといった問題があった。

【0006】 この発明は、このような従来の問題を改善するもので、ガスタービンの燃焼振動現象の異常事態を比較的初期の徵候段階から正確に把握し、健全性をより重視した監視を実施できるガスタービン異常監視装置を提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、本発明者は、ガスタービン燃焼器の圧力変動を圧力センサにより検出し、これをA/D変換して周波数解析を施した後、判定処理部で異常判定を行う際に、燃焼ガスの性状、負荷等の運転状態を表すパラメータによって監視対象の周波数帯域を複数に可変設定し、その各周波数帯域毎に正常時の振幅値を使い分けることが有効である知見を得た。加えて、同様の異常判定手法で用いる燃焼器内の圧力検出手段として、圧力センサのほか、ガスタービンのロータ振動を検出する軸受振動センサまたは燃焼器外筒の固体伝搬音を検出する音響センサも十分に適用できることも分かった。

【0008】 この発明は、以上の知見により完成されたものであり、ガスタービンの燃焼振動現象を監視するデータとして、そのガスタービンに設置されたセンサからの検出信号を受ける信号入力手段と、この信号入力手段により入力された検出信号をその周波数成分に分解して解析する周波数解析手段と、前記ガスタービンの発電機出力及びその燃料供給量で規定されるパラメータに基づいて前記検出信号における監視対象の周波数成分に関するデータを可変設定するデータ設定手段と、このデータ設定手段による周波数成分に関するデータに基づいて前記検出信号の周波数成分から前記燃焼振動現象に起因する周波数成分を抽出し且つその周波数成分と前記監視対

象の周波数成分に関するデータの正常時の振幅値との比較により前記ガスターピンの燃焼振動状態を判定する判定処理手段と、この判定処理手段による判定結果に関するデータを出力する出力手段とを備えたことを特徴とする。

【0009】請求項2記載の発明では、請求項1記載の発明において、前記信号入力手段は、前記ガスターピンの燃焼器に設置された圧力変動センサからの検出信号を受ける手段であることを特徴とする。

【0010】請求項3記載の発明では、請求項1記載の発明において、前記信号入力手段は、前記ガスターピンのロータ軸受部あるいはその近傍に配置されたロータ振動センサからの検出信号を受ける手段であることを特徴とする。

【0011】請求項4記載の発明では、請求項1記載の発明において、前記信号入力手段は、前記ガスターピンの燃焼器缶の外筒部に設置された固体伝搬音検出用の音響センサからの検出信号を受ける手段であることを特徴とする。

【0012】請求項5記載の発明では、請求項1乃至4のいずれか1項に記載の発明において、前記データ設定手段は、前記監視対象の周波数成分に関するデータの振動周波数をヘルムホルツの振動式に基づいて算出する手段を備えたことを特徴とする。

#### 【0013】

【発明の実施の形態】以下、この発明にかかるガスターピン異常監視装置の実施の形態を図面を参照して説明する。

【0014】(第1の実施の形態) 図1に示すガスターピン異常監視装置10は、ガスターピン設備GT(図中の符号R Tはロータを示す)における複数の燃焼器CD…CD内の燃焼振動現象を圧力変動として監視するものである。具体的に、この異常監視装置10は複数の燃焼器CD…CDに個別に取り付けられた複数の圧力センサ1…1からの圧力変動を反映したアナログ検出信号S10…S10をデジタルデータS11…S11に変換してサンプリングするA/D変換装置11、その出力側に接続される周波数解析装置12、判定条件設定部13、判定処理部14、及び判定結果をオペレータが確認するためのディスプレイ等の結果表示部15を備えている。

【0015】周波数解析装置12は、例えば高速フーリエ変換法(FFT)等の周波数解析原理を適用したもので、A/D変換装置11からのデジタルデータS11…S11を周波数成分に分解してその波形特性を解析し、その解析データS12を判定処理部14に供給する。

【0016】判定条件設定部13は、ガスターピンの発電機出力及び燃料供給量で規定される燃焼ガスの性状、回転数、負荷等を表すパラメータに基づいて監視対象の周波数成分(周波数帯域及びその正常時の振幅値)に関する基準データS13を異常判定条件として可変設定

し、この基準データS13を例えばメモリ等のデータ保持部13aで参照可能に保持する。

【0017】データ保持部13aは、例えば図2に示すように可変パラメータである「負荷」と「燃焼温度」との互いの大中小の組み合わせで決まる9つの監視周波数成分の周波数帯域FB…FBとその正常時の振幅値上限に相当する異常判定基準量TL…TLに関するデータS13を参照テーブルTa1…Ta9(縦軸:振幅値のレベル、横軸:周波数)のパターンを持つ。例えば、ガスターピン発電機出力及び燃料供給量によりパラメータが「負荷:小、燃焼温度:小」の条件に相当する場合には、図示の第1の参照テーブルTa1により「監視周波数帯域FB=f1~f2、異常判定基準量TL=L1」に相当する周波数成分が基準データS13として設定される。

【0018】判定処理部14は、例えばマイクロコンピュータ(CPU)14aを搭載してなり、このCPU14aの処理により、データ保持部13aで保持されている基準データS13の監視周波数帯域FBに基づいて周波数成分解析データS12から燃焼器CD内の圧力変動に起因する周波数成分を抽出し、その周波数成分の振動振幅値と基準データS13の監視周波数成分における異常判定基準量TLとを比較して燃焼器CDの圧力変動が正常か否かを判定し、その判定結果に関するデータS14を結果表示部15に送る。

【0019】次に、図3に示す判定処理部14のCPU14aによる処理を中心にガスターピン異常監視装置10の全体動作を説明する。

【0020】まずガスターピン設備GTの運用に際し、各燃焼器CD…CDに取り付けた圧力センサ1…1からのアナログ検出信号S10…S10が異常監視装置10に入力される。そこで、この検出信号S10…S10がA/D変換装置11にてデジタルデータS11に変換してサンプリングされ、そのデータS11が周波数解析装置12にて周波数成分に分解して解析され、その解析データS12が判定処理部14に供給される。

【0021】そこで、CPU14aにて図3に示す処理が実行される。すなわち、ステップST1にて周波数成分の解析データS12が入力されると、ステップST2にて判定条件設定部13により予め設定されたパラメータ可変の監視周波数成分に関する基準データS14が参照され、ステップST3にてその基準データS14の監視周波数帯域FBに基づいて周波数成分解析データS12から燃焼器CD内の圧力変動に起因する周波数成分が抽出される。

【0022】そして、ステップST4にて「抽出された周波数成分の圧力変動量に相当する振幅値T<sub>s</sub>が監視周波数成分の異常判定基準量TL」であるか否かが判断され、YES(振幅値T<sub>s</sub>が基準量TLを超えている)の場合にはステップST5にて「燃焼異常」、NO(振幅

値  $T_s$  が異常判定量  $T_L$  よりも小さい) の場合にはステップ S T 6 にて「燃焼正常」であるとそれぞれ判定され、その判定結果に関するデータ S 1 4 がステップ S T 7 にて結果表示部 1 5 に出力される。このような動作をセンサーの数の分だけ繰り返す。

【0023】従ってこの実施の形態によれば、ガスタービン発電機出力と燃料供給量で規定されるパラメータ(負荷、燃焼温度)に基づいて圧力センサ検出信号における監視対象の周波数帯域およびその正常時の振幅値に関するデータを可変設定する構成としたため、燃焼異常現象を従来のように発生後ではなく、運転中の早期段階で検出できることから、より安全で効率的なガスタービンプラント運用を実現できる。

【0024】(第2の実施の形態) 図4に示すガスタービン異常監視装置は、前述と同様の構成に加え、この発明のデータ設定手段の一部として監視周波数算出部16を備えたものである。この監視周波数算出部16は、前述の監視周波数成分の振動周波数として下記の「ヘルムホルツの振動式」に基づいて燃焼器CD内の燃焼振動現

$$\omega = (\kappa R T)^{0.5}$$

の算出式で表される。

【0028】従ってこの監視周波数算出部16では、パラメータとして燃焼温度  $T$  を受けたときに上記数式3に基づく演算を行って燃焼振動周波数  $\omega$  を算出し、その算出データを判定処理部14に送る。

【0029】判定処理部14は、このように算出された燃焼振動周波数  $\omega$  とデータ保持部13aが持つパラメータ可変のパターン化された参照テーブル  $T_{a1} \cdots T_{a9}$  に基づいて監視対象の周波数成分を特定し、この周波数帯域FBに基づいて周波数成分の解析データ S 1 1 から燃焼器CDの燃焼振動に起因する周波数成分を抽出し、その振幅値と先に特定された監視対象周波数成分の異常判定基準量  $T_L$  とを比較して燃焼振動が正常か否かを判定する。

【0030】従ってこの実施の形態によれば、前記と同様の効果に加え、判定条件として用いる監視周波数成分の精度をより一層高めることができるといった利点がある。

【0031】(第3の実施の形態) 図5に示すガスタービン異常監視装置20は、ガスタービン設備GTのロータ  $R_T$  の軸受部あるいはその近傍に配置されたロータ振動センサ2、2からのロータ振動検出信号S20、S20を受けて燃焼器CD内の燃焼振動現象を監視するものである。具体的な構成は、センサ検出信号としてロータ振動信号を対象とする点を除けば前記の場合とほぼ同様であり、軸受振動センサ2、2からの検出信号S20、S20を受けるA/D変換装置21、この出力側に接続される周波数解析装置22、判定条件設定部23(データ保持部23aを内蔵)、判定処理部24(CPU24aを搭載)、及び結果表示部25を備えている。

象の周波数を求める演算を行うものである。

【0025】すなわち、ヘルムホルツの振動式は燃焼振動周波数を  $\omega$ 、燃焼器CD中のガス音速を  $a_0$ 、燃焼器1の長さを  $I$ 、燃焼器CDの断面積を  $A$ 、燃焼器CDの容量を  $V$  としたとき、燃焼振動周波数  $\omega$  を、

【数1】

$$\omega = a_0 (A/I V)^{0.5}$$

の算出式で求めるものである。

【0026】この内、燃焼器CD中のガス音速  $a_0$  は、燃焼器CD内の温度により変化し、その燃焼温度を  $T$ 、比熱比  $(C_p/C_v)$  を  $\kappa$ 、気体定数を  $R$  としたとき、

【数2】

$$a_0 = (\kappa R T)^{0.5}$$

で表される。ここで燃焼温度  $T$  は直接測定または排ガス温度からの推定値が採用できる。

【0027】従って以上の2つの数式をまとめると、ヘルムホルツの振動式は、

【数3】

$$5 \cdot (A/I V)^{0.5}$$

【0032】このようなガスタービン異常監視装置20においては、A/D変換装置21にて軸受振動センサ2からのアナログ検出信号S20がデジタルデータS21に変換され、これが周波数解析装置22にて周波数成分に分解して解析される。

【0033】そこで、判定条件設定部23にてロータ振動測定時のガスタービン発電機出力及び燃料供給量で規定されるパラメータ(負荷、燃焼温度)に基づいて前記と同様の処理により監視対象の周波数成分に関するデータS23(監視周波数帯域FB及びその異常判定基準量  $T_L$ )が設定され、その基準データS23を判定条件として判定処理部24にて周波数成分解析データS22に対する前記と同様の処理アルゴリズムが実行される。

【0034】その結果、軸受振動センサ2による検出信号S20の周波数成分解析データS22から燃焼器CDの燃焼振動に起因する周波数成分が抽出され、この周波数成分の振動レベルの大きさと予め設定された監視対象周波数成分の異常判定基準量  $T_L$  との比較により燃焼器CD内の燃焼異常が判定される。

【0035】従ってこの実施の形態によれば、前記と同様の効果に加え、多くのガスタービンに設置されかつ安便で信頼性の高い軸受振動センサを用いて圧力センサの場合と同様の監視を実現できるといった利点がある。

【0036】(第4の実施の形態) 図6に示すガスタービン異常監視装置30は、各燃焼器CD…CDの本体をなす燃焼器缶の外筒部に取り付けられた固体伝搬音検出用の音響センサ(振動検出センサ)3…3からの検出信号S3を受けて燃焼器CD内の燃焼振動現象を監視するものである。

【0037】具体的な構成は、センサ検出信号として振

動信号を対象とする点を除けば前記の場合と同様であり、振動検出センサ3…3からの検出信号S30…S30を受けるA/D変換装置31、この出力側に接続される周波数解析装置32、判定条件設定部33（データ保持部33aを内蔵）、判定処理部34（CPU34aを搭載）、及び結果表示部35を備えている。

【0038】このような異常監視装置30においては、A/D変換装置31にて振動センサ3…3からの検出信号S30がデジタルデータS31に変換され、これが周波数解析装置32にて周波数成分に分解して解析される。

【0039】そこで、判定条件設定部33にて燃焼器振動測定時のガスタービン発電機出力及び燃料供給量で規定されるパラメータ（負荷、温度）に基づいて前記と同様の処理により監視対象の周波数成分に関するデータ

（周波数帯域FB及びその異常判定基準量TL）S33が設定され、その基準データS33に基づいて判定処理部34にて前記と同様の異常判定アルゴリズムを実行される。

【0040】その結果、振動検出センサ3による検出信号S30の周波数成分解析データS32から燃焼器CDの燃焼振動の起因する周波数成分が抽出され、この周波数成分の振動レベルの大きさと予め設定された監視対象周波数成分の異常判定基準量TLとの比較により燃焼器CD内の燃焼異常が判定される。

【0041】従ってこの実施の形態によれば、前記と同様の効果に加え、燃焼器の中で比較的温度が低い外筒部にセンサを設置でき、その点で耐久性及び信頼性をより一層高めた監視を行うことができるといった利点がある。

#### 【0042】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によればガスタービン発電機出力及びその燃料供給量で規定され

るパラメータ（燃焼ガスの性状、回転数、負荷等）によって監視対象の周波数成分を複数に可変設定し、その正常時の値に基づいて正常か否かを判定する構成としたため、ガスタービンにおける燃焼機内の燃焼振動現象の異常事態をいち早く察知でき、より安全で効率的なガスタービンプラントの運用を実現できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施の形態にかかるガスタービン異常監視装置の全体構成を示す概略ブロック図。

【図2】判定条件設定部での負荷及び燃料消費量に基づく監視周波数帯域パターンを説明する概略図。

【図3】判定処理部での処理を説明する概略フローチャート。

【図4】第2の実施の形態にかかるガスタービン異常監視装置の全体構成を示す概略ブロック図。

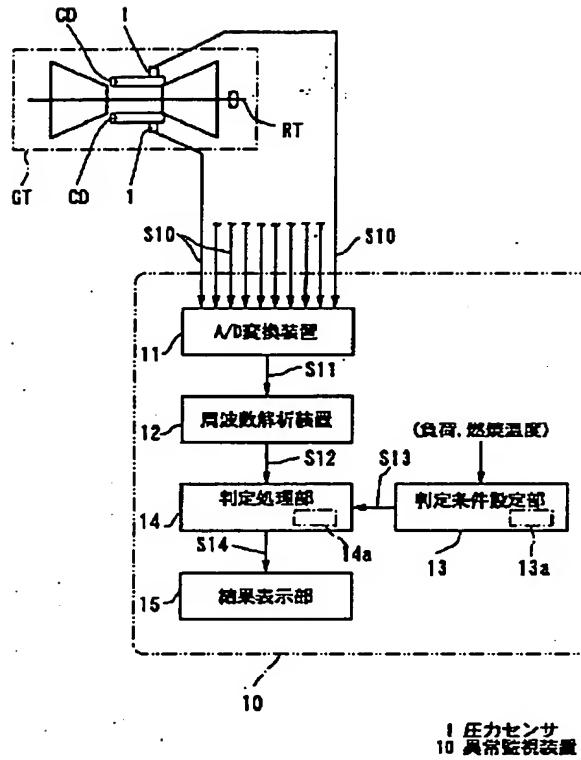
【図5】第3の実施の形態にかかるガスタービン異常監視装置の全体構成を示す概略ブロック図。

【図6】第4の実施の形態にかかるガスタービン異常監視装置の全体構成を示す概略ブロック図。

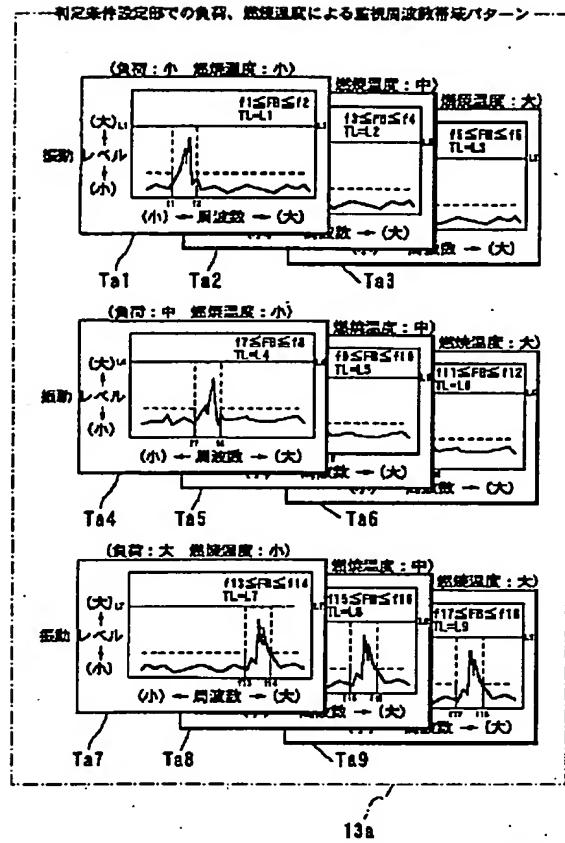
#### 【符号の説明】

- 1 圧力センサ
- 2 ロータ振動センサ
- 3 振動検出センサ
- 10、20、30 異常監視装置
- 11、21、31 A/D変換装置
- 12、22、32 周波数解析装置
- 13、23、33 判定処理部
- 14、24、34 判定条件設定部
- 15、25、35 結果表示部
- 16 監視周波数算出部
- TG ガスタービン設備
- CD 燃焼器
- RT ロータ

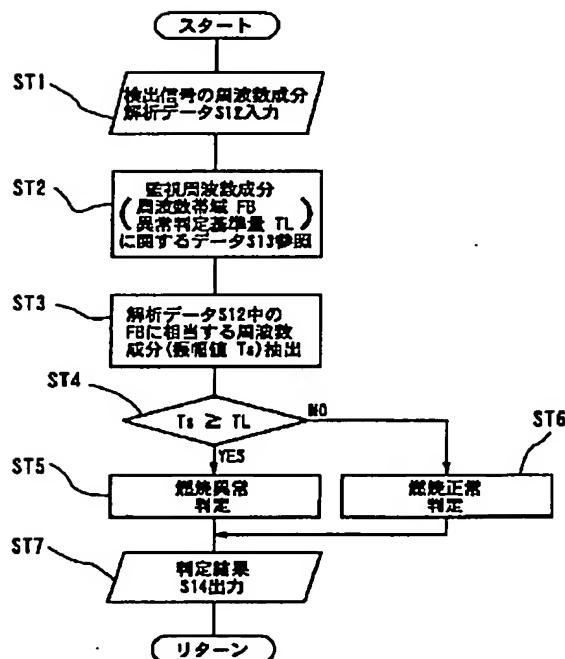
【図1】



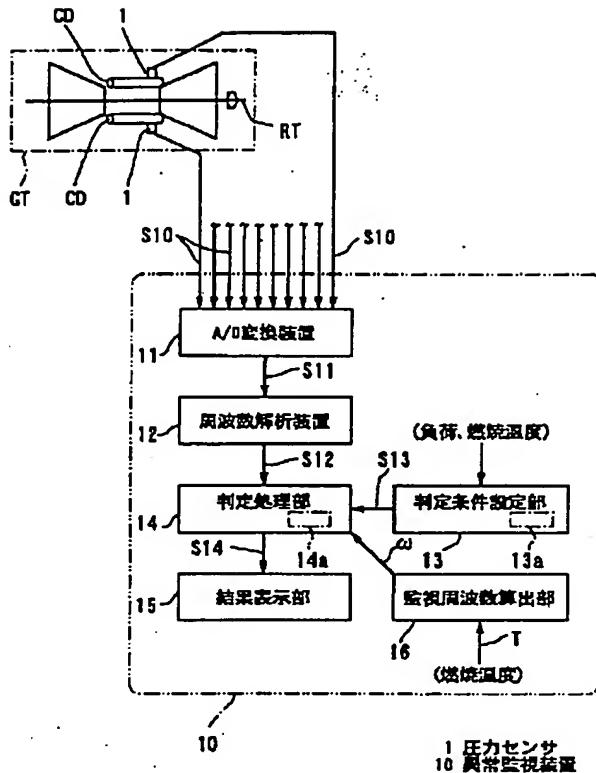
【図2】



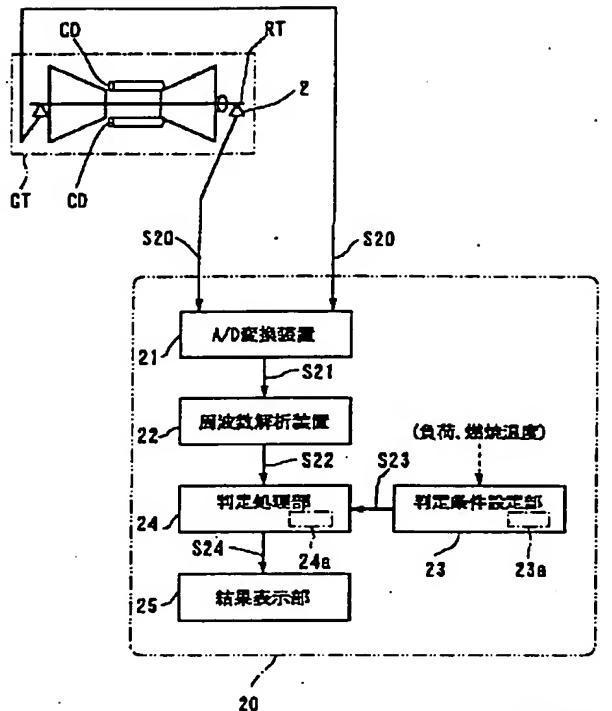
【図3】



【図4】

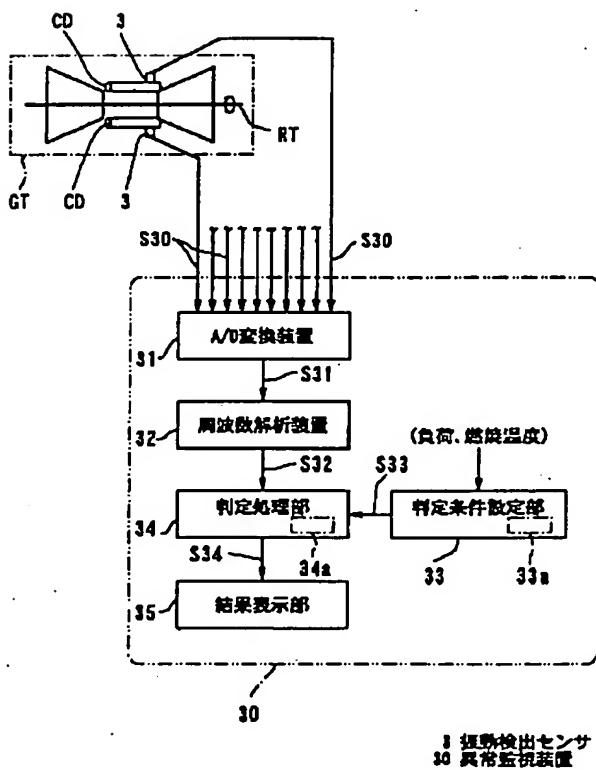


【図5】



2 周囲温度センサ  
20 异常監視装置

【図6】



3 周囲温度センサ  
30 异常監視装置